

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-053760

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

H04L 12/28

H04B 10/20

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/02

H04B 10/18

H04L 12/44

(21)Application number : 11-229174

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 13.08.1999

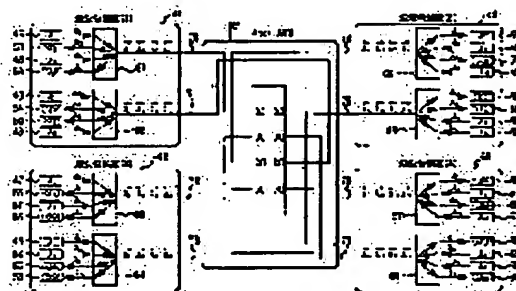
(72)Inventor : KAMEI ARATA
SUZUKI SENTA
KANEKO AKEMASA
KATO KUNIHARU

(54) OPTICAL WAVELENGTH DIVISION/MULTIPLEX TRANSMISSION NETWORK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the accumulation number of coherent crosstalk light beams by allowing an $N \times N$ wavelength multiplexing/demultiplexing circuit to have the demultiplexing characteristic of a periodical input/output relation, inputting/outputting a light signal from first and second input/output port groups and permitting a $1 \times N$ wavelength multiplexing/demultiplexing circuit to demultiplex the light signal from an input/output port and at the same time, to multiplex the light signal to the input/output port.

SOLUTION: 1×4 wavelength multiplexing/demultiplexing circuits 61 to 68 multiplex the light signals of two different wavelengths into single optical fibers 22 to 29 and divide an optical wavelength division/multiplex(WDM) signal transmitted through the single optical fibers 22 to 29 into two waves. A 4×4 wavelength multiplexing/demultiplexing circuit 69 has a first input/output port group and a second input/output port group, which are formed of four ports, and has the demultiplexing characteristic of a periodical input/output relation. The two waves in the same wavelength light signal of four waves are inputted from a first input/output port group side and the other two waves are inputted from a second input/output port group. Only the light signal of one wave and the coherent crosstalk light of one wave are outputted from a port.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3439162

[Date of registration]

13.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-53760

(P2001-53760A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int. CL ⁷	識別記号	F I	テロ- (特許)
H 0 4 L 12/28		H 0 4 L 11/00	3 1 0 D 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/20		H 0 4 B 9/00	N 5 K 0 3 3
H 0 4 J 14/00			E
14/02			M
H 0 4 B 10/02		H 0 4 L 11/00	3 4 0

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全22頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-229174

(22) 出願日 平成11年8月13日 (1999.8.13)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 亀井 研

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 鈴木 颯太

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁彦 (外1名)

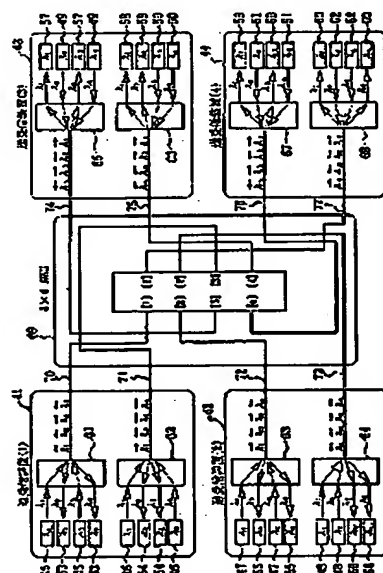
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長分割多重伝送ネットワーク装置

(57) 【要約】

【課題】 従来装置の構成要素を変更せず、コヒーレントクロストーク光の累積数を低減し、優れた通信品質を持ち、大規模化が可能なフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を提供する。

【解決手段】 周期的な入出力関係の分波特性を有する $N \times N$ 波長台分波回路を具え、第1及び第2入出力ポート群の各々から入出力を行い、内部では逆方向に進行する光波が互いに干渉しないようにすることにより、従来と同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各 WDM 波長光におけるコヒーレントクロストーク光の累積数を低減し、受信光の S/N を改善することを可能にする。特に、隣接クロストーク光の累積を防ぐことにより、更に高品質の通信を可能にする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数 N 個の入出力ポートからなる第1入出力ポート群及び複数 N 個の入出力ポートからなる第2入出力ポート群と対向する第2入出力ポート群を有する $N \times N$ 波長合分波回路、及び、該 $N \times N$ 波長合分波回路の所定の入出力ポートと光学的に接続された N 台の送受信装置を含む光波長分割多重伝送ネットワーク装置であって、

前記 $N \times N$ 波長合分波回路が周期的な入出力関係の分波特性を有し、

前記送受信装置が、

前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第1入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートから入力された光信号を M 波長（ M は N より小さい自然数）に分波し、分波した光信号を M 個のポートから出力し、同時に、該 M 個のポートと異なる $N-M$ 個のポートから入力された前記 M 波長とは異なる $N-M$ 波長の光信号を合波し、合波した光信号を前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第1入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートへ出力する $1 \times N$ 波長合分波回路、

前記 $N-M$ 波長の光信号を送信する送信回路、

前記 M 波長の光信号を受信する受信回路、

前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第2入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートから入力された光信号を $N-L$ 波長（ $L=M$ ）に分波し、分波した光信号を $N-L$ 個のポートから出力し、同時に、該 $N-L$ 個のポートと異なる L 個のポートから入力された前記 $N-L$ 波長とは異なる L 波長の光信号を合波し、合波した光信号を前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第2入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートへ出力する $1 \times N$ 波長合分波回路、

前記 L 波長の光信号を送信する送信回路、及び前記 $N-L$ 波長の光信号を受信する受信回路を具備することを特徴とする光波長分割多重伝送ネットワーク装置。

【請求項2】 前記 $N \times N$ 波長合分波回路の任意の入出力ポート群の間接する任意の2つのポートのそれぞれに出力される2つの合波された光信号が、互いに重複しない波長の光信号のみを含むように、前記 $N \times N$ 波長合分波回路と前記送受信装置との接続関係及び前記送信回路の送信波長を設定することを特徴とする請求項1に記載の光波長分割多重伝送ネットワーク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長多重された複数の光信号を複数の送受信装置間において伝送するフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】複数の光信号を異なる光波長に割当て1本の光ファイバで伝送する光波長分割多重（WDM）伝送システムは、伝送路の容量を大幅に増大させるだけで

なく、波長自身に信号の行き先情報を割当てることができ、波長アドレッシングが可能である。更に、 N 個の送受信装置間を接続するように周期的な入出力関係の分波特性を有する $N \times N$ 波長合分波回路を中心に配置するスター型WDMシステムは、 N 波長の光信号を用いるだけで $N \times N$ 個の独立の信号路で、装置間を相互接続することが可能なフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を実現することができる。

【0003】図1は従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を説明する図である。図中、1～4は送受信装置、5～8はWDM信号（波長 λ_k 、 $k=1, 2, \dots, N$ ）を送信する送信回路、9～12はWDM信号（波長 λ_k 、 $k=1, 2, \dots, N$ ）を受信する受信回路、13～16は異なる N 波長の光信号を1本の光ファイバに合波するための $1 \times N$ 波長合分波回路、17～20は1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を N 波長に分波するための $1 \times N$ 波長分波回路、21は N 個のポートの第1入出力ポート群（左側の1, 2, ..., N ）とそれに対向する N 個のポートの第2入出力ポート群（右側の1, 2, ..., N ）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する $N \times N$ 波長合分波回路、22～29は送受信装置1～4と $N \times N$ 波長合分波回路21の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。光ファイバ22～29には、それぞれの光ファイバを伝播する波長多重されたWDM信号の波長 λ_k （ $k=1, 2, \dots, N$ ）と伝送方向（矢印）が図示されている。

【0004】この従来例では、 $1 \times N$ 波長合分波回路13～16及び $1 \times N$ 波長分波回路17～20として、1個の第1入出力ポートとそれに対向する N 個の第2入出力ポート群とを持つ $1 \times N$ AWG（アレイ導波路回折格子型波長合分波回路）、 $N \times N$ 波長合分波回路21として、 N 個のポートからなる第1入出力ポート群とそれに対向する N 個のポートからなる第2入出力ポート群とを持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する $N \times N$ AWGを用いている。

【0005】図2は、 $N \times N$ AWGの周期的な入出力関係の分波特性と、従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置における各送受信装置とAWGとのポート接続関係を、 $N=8$ の場合について示す図である。周期的な入出力関係の分波特性を有する $N \times N$ AWGは、特願平10-210679号に記載されている方法等によって実現することができる。 $N \times N$ AWGの第1入出力ポート群の8ポートと第2入出力ポート群の8ポートとの間での分波特性は、図中の波長 λ_k （ $k=1, 2, \dots, 8$ ）で示されるように周期的である。

【0006】 $N \times N$ AWGは、第1入出力ポート群側と第2入出力ポート群側とで対称な回路である。例えば、第1入出力ポート群の所定のポートから入力された波長多重WDM信号波長 λ_k （ $k=1, 2, \dots, 8$ ）は、波長により第2入出力ポート群の各ポートに分波されて出力される。逆に、第2入出力ポート群の所定のポートから入力

された波長多重WDM信号波長入。 $(K=1,2,\dots,8)$ は、波長により第1入出力ポート群の各ポートに分波されて出力される。

【0007】図中波長入、の上に示されている矢印は各ポート間の入出力の関係を表しており、右向き矢印は、第1入出力ポート群側を入力ポート、第2入出力ポート群側を出力ポートとして使用し、左向き矢印は、第2入出力ポート群側を入力ポート、第1入出力ポート群側を出力ポートとして使用することを意味する。即ち、従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置では、第1入出力ポート群側を全て入力ポート、第2入出力ポート群側を全て出力ポートとして使用している。8×8のAWGポート間では8×8=64通りのパスが設定されるが、図のような周期的な分波特性により、最小限の波長数8で64通りのパスを独立に設定することができる。

【0008】AWGの入出力ポートを各送受信装置に接続することにより、8台の送受信装置間に設定可能な全てのパスで独立に信号を送ることができる。また、個々のパスには特定の波長入、が割当てられるため、送受信装置間で受信装置に対応する波長を選択すれば、自動的に信号を目的の受信装置に送る波長アドレッシング機能を実現することができる。

【0009】図3は波長アドレッシングを説明する図であり、図中、31~38は8台の送受信装置(1)~(8)、39は8×8AWGである。8×8AWGの分波特性及び各送受信装置と8×8AWGとのポート接続関係は図2で説明したとおりである。送受信装置(1)31から送信された入、の光信号は、8×8AWG39の第1入出力ポート群のポート1に導かれ、8×8AWG39内部でスイッチされ、第2入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)32へ送られる。同様に、送受信装置(2)32から送信された受信信号入、は、8×8AWG39を経て送受信装置(1)31へ送られる。また、送受信装置(1)31から送信された例えば光信号入、及び入、は、それぞれ送受信装置(3)33及び送受信装置(5)35へ自動的に配信される。

【0010】図4は石英系プレーナ光波回路として作製したAWGの或る入出力ポート間の典型的な透過スペクトル特性を示す図である。この入出力ポート間を透過すべき光信号の波長は入、であるが、それ以外に同じポートから入力された光信号 $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N-1}, \lambda_{N+1}, \dots, \lambda_N)$ も非常に僅かながら透過できる。これがクロストーク光とよばれるノイズである。クロストーク光/信号光の強度比は、隣接する波長 $(\lambda_{N-1}, \lambda_{N+1})$ で-30dB程度、他の波長 $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N-2}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_N)$ で-40dB程度である。

$$S/N = P_{\text{signal}} / [2P_{\text{crosstalk}} + (N-3)P_{\text{noise}}] \quad (1)$$

と表される。ここで、 P_{signal} 、 $P_{\text{crosstalk}}$ 、 P_{noise} は、それぞれ隣接クロストーク光強度、非隣接クロストーク光強度、信号光強度である。 $P_{\text{crosstalk}}/P_{\text{signal}} = -30\text{dB}$ 、 $P_{\text{noise}}/P_{\text{signal}} = -40\text{dB}$ を仮定し

*【0011】従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置におけるN×NAWGでは、第1入出力ポート群の各ポート全てからN波長のWDM信号が入力する。例えば図2に示したように周期的な入出力関係の分波特性を有する8×8AWGの場合、図5に示したように、送受信装置(1)31から送信され第1入出力ポート群(8×8AWGの左側のポート群)のポート1から入力した光信号入、(太実線)は、第2入出力ポート群(8×8AWGの右側のポート群)のポート5から出力され送受信装置(5)35に受信される。

【0012】更に、送受信装置(2)32から送信され第1入出力ポート群のポート2から入力した光信号入、(太破線)は、第2入出力ポート群のポート5から出力され送受信装置(5)35に受信されるが、このとき同じく送受信装置(2)32から送信され第1入出力ポート群のポート2から入力した光信号入、のクロストーク光(細実線)も第2入出力ポート群のポート5から出力される。同様に他の送受信装置から送信された光信号入、のクロストーク光も第2入出力ポート群のポート5から出力され、結局第2入出力ポート群のポート5からは1波の光信号入、と同波長の7波のクロストーク光が出力する。この同波長のクロストーク光はコヒーレントクロストーク光と呼ばれる。このとき、第1入出力ポート群のポート2及びポート8、即ち光信号入、が入力したポートに(図回路的に)隣接するポートからのコヒーレントクロストーク光は、隣接する波長からのクロストーク光(隣接クロストーク光)であるので、他の5波のコヒーレントクロストーク光に比較して強度が大きい。

【0013】従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置におけるN×NAWGのように、N波の同波長の光信号が同じ入出力ポート群側から入力する場合には、必ずN-1波のコヒーレントクロストーク光が生じる。また、コヒーレントクロストーク光は、光信号と同じ波長のノイズであるため、送受信装置の波長分波回路で光信号とノイズとを分波することは不可能であり、更に、複数のコヒーレントクロストーク光が互いに干渉することによってノイズが増大する可能性も有している。

【0014】従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、送受信装置で受信される或るWDM波長光は、1波の光信号とN-1波のコヒーレントクロストーク光の和であり、このうちの2波(光信号が最も長波長の入、又は最も短波長の入、の場合は1波)は隣接クロストーク光である。従って、その信号/ノイズ比S/Nは、

$$S/N = P_{\text{signal}} / [2P_{\text{crosstalk}} + (N-3)P_{\text{noise}}] \quad (1)$$

たときのS/Nは、N=4で27dB、N=8で26dB、N=16で25dBである。

【0015】式(1)が示すように、従来のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置におけるWDM波長光の

S/Nは、接続する送受信装置数Nの増加に伴ってコヒーレントクロストーク光によるノイズが累積するために低下する。これは、即ち、システムの大規模化に伴いその通信品質が劣化することを意味し、逆に所定の通信品質水準を満たすシステムは、その規模が制限されてしまうことになる。このことは、システム設計上で大きな問題になっていた。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、従来のフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、 $1 \times N$ 波長合分波回路、 $N \times N$ 波長合分波回路、光ファイバ）を全く変更せずに、ノイズとなるコヒーレントクロストーク光の累積数を低減し、従来より優れた通信品質を持つ大規模なフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の光波長分割多重伝送ネットワーク装置は、上記の目的を達成するため、複数N個の入出力ポートからなる第1入出力ポート群及び複数N個の入出力ポートからなる第2入出力ポート群と対向する第2入出力ポート群を有する $N \times N$ 波長合分波回路、及び、該 $N \times N$ 波長合分波回路の所定の入出力ポートと光学的に接続されたN台の送受信装置を含む光波長分割多重伝送ネットワーク装置であって、前記 $N \times N$ 波長合分波回路が周期的な入出力関係の分波特性を有し、前記送受信装置が、前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第1入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートから入力された光信号をM波長（MはNより小さい自然数）に分波し、分波した光信号をM個のポートから出力し、同時に、該M個のポートと異なるN-M個のポートから入力された前記M波長とは異なるN-M波長の光信号を合波し、合波した光信号を前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第1入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートへ出力する $1 \times N$ 波長合分波回路、前記N-M波長の光信号を送信する送信回路、前記M波長の光信号を受信する受信回路、前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第2入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートから入力された光信号をN-L波長（L=M）に分波し、分波した光信号をN-L個のポートから出力し、同時に、該N-L個のポートと異なるL個のポートから入力された前記N-L波長とは異なるL波長の光信号を合波し、合波した光信号を前記 $N \times N$ 波長合分波回路の第2入出力ポート群の所定の1個の入出力ポートへ出力する $1 \times N$ 波長合分波回路、前記L波長の光信号を送信する送信回路、及び前記N-L波長の光信号を受信する受信回路を具備することを特徴とする。

【0018】このような本発明の光波長分割多重伝送ネットワーク装置においては、前記 $N \times N$ 波長合分波回路

の任意の入出力ポート群の隣接する任意の2つのポートのそれぞれに出力される2つの合波された光信号が、互いに重複しない波長の光信号のみを含むように、前記 $N \times N$ 波長合分波回路と前記送受信装置との接続関係及び前記送信回路の送信波長を設定することが望ましい。

【0019】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施例を説明する。

【0020】〔実施例1〕図6は本発明の第1実施例を説明する図であり、 $N=4$ のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、41～44は送受信装置、45～52はWDM信号（波長 λ 、 $k=1, 2, 3, 4$ ）を送信する送信回路、53～60はWDM信号（波長 λ 、 $k=1, 2, 3, 4$ ）を受信する受信回路、61～68は異なる2波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を2波長に分波するための 1×4 波長合分波回路、69はそれぞれ4ポートからなる第1入出力ポート群（左側のポート1～4）及び第2入出力ポート群（右側のポート1～4）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する 4×4 波長合分波回路、70～77は送受信装置41～44と 4×4 波長合分波回路69の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。図には、光ファイバ70～77を伝送する波長多重されたWDM信号の波長（ λ 、 $k=1, 2, 3, 4$ ）及びそれらの伝送方向（矢印）が示されている。

【0021】この実施例においては、 1×4 波長合分波回路61～68として 1×4 のAWG（アレイ導波路回折格子型波長合分波回路）、 4×4 波長合分波回路69として周期的な入出力関係の分波特性を有する 4×4 AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、 1×4 AWG、 4×4 AWG、光ファイバ）は従来例と全く同様である。但し、従来は 1×4 AWGを波長合分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、合波及び分波を同時に行う波長合分波回路として使用する。

【0022】図7は、この実施例における 4×4 AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と 4×4 AWGとのポート接続関係を示す図である。 4×4 AWGの分波特性は、従来例と同様の周期性を持っている。各送受信装置と 4×4 AWGの第1入出力ポート群との接続関係も従来例と同様であるが、各送受信装置と 4×4 AWGの第2入出力ポート群との接続関係は従来例と異なっている。また、従来例と異なり、 4×4 AWGポートと光信号の波長の組合せによって光信号を第1入出力ポート群側から入力して第2入出力ポート群側へ出力する場合と、第2入出力ポート群側から入力して第1入出力ポート群側へ出力する場合と、光信号の双方向入出力を行う。

【0023】この実施例では、 4×4 AWGにおいて、4波の同波長光信号のうち2波が第1入出力ポート群側

から入力され、他の2波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、第1入出力ポート群側から入力された光波と第2入出力ポート群側から入力された同波長の光波とが4×4 AWG内部で干渉することはない。従って、4×4 AWGのポートから出力されるWDM波長光は、1波の光信号と1波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図8に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長λ₁の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号λ₁、(太実線)及び第1入出力ポート群のポート1から入力された光信号λ₂、のクロストーク光(細実線)のみを含み、第2入出力ポート群のポート1及び4から入力された光信号λ₃、のク

$$S/N = P_{\lambda_1, \text{sig}} / P_{\lambda_1, \text{crosstalk}}$$

となる。P_{λ₁, sig} / P_{λ₁, crosstalk} = -30dBを仮定したときのS/Nは30dBであり、従来例の27dBと比較して3dB改善される。

【0025】図9はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、81~84は4台の送受信装置、85は4×4 AWGである。4×4 AWGの分波特性及び各送受信装置と4×4 AWGのポートとの接続関係は図7で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)81から送信されたλ₁の光信号は、4×4 AWG 85の第2入出力ポート群のポート3に導かれ、4×4 AWG 85内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)82へ送られる。同様に、送受信装置(2)82から送信された返信信号λ₂は、4×4 AWG 85の第2入出力ポート群のポート2に導かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)81へ送られる。

【0026】また、例えば、送受信装置(1)81から送信された二つのλ₁の光信号(図6中の送受信装置(1)41の送信装置45及び46それぞれから送信される二つの光信号λ₁)は、一方は4×4 AWG 85の第2入出力ポート群のポート3に導かれ、第1入出力ポート群のポート3から送受信装置(3)83へ、他方は4×4 AWG 85の第1入出力ポート群のポート1に導かれ、第2入出力ポート群のポート1から送受信装置(4)84へ、それぞれ自動的に配信される。

【0027】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の累積数を3から1へ低減し、従来より高品質(受信光のS/Nが3dB改善される)の通信を実現することができる。

【0028】【実施例2】図10は本発明の第2実施例を説明する図であり、第1実施例をN=8に拡張したフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、91は送受信装置、92、93はWDM信号(波長λ_k、:k=1~8)を送信する送信回路、94、95はWDM

*ロストーク光は含まない。即ち、従来例と比較してコヒーレントクロストーク光の累積数が3から1へ低減される。

【0024】また、この実施例では、同じ第1入出力ポート群側から入力される2波の同波長光信号は隣接するポートから、同じ第2入出力ポート群側から入力される2波の同波長光信号も(周期的に)隣接するポートから、それぞれ入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる1波のコヒーレントクロストーク光は隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、受信されるWDM波長光のS/Nは、

(2)

M信号(波長λ_k、:k=1~8)を受信する受信回路、96、97は異なる4波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を4波長に分波するための1×8波長合成分波回路、98はそれぞれ8ポートからなる第1入出力ポート群(左側のポート1~8)及び第2入出力ポート群(右側のポート1~8)を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する8×8波長合成分波回路、99、100は送受信装置91と8×8波長合成分波回路98の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。8×8波長合成分波回路98は8台の送受信装置と接続されるが、図では送受信装置(1)91以外の7台は図示を省略している。図には、光ファイバ99、100を伝送する波長多重されたWDM信号の波長(λ_k、:k=1~8)及びそれらの伝送方向(矢印)が示されている。

【0029】この実施例においては、1×8波長合成分波回路96、97として1×8のAWG、8×8波長合成分波回路98として周期的な入出力関係の分波特性を有する8×8 AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素(送信回路、受信回路、1×8 AWG、8×8 AWG、光ファイバ)は従来例と全く同様である。但し、従来は1×8 AWGを波長合成分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、実施例1と同様、合波及び分波を同時に行う波長合成分波回路として使用する。

【0030】図11は、この実施例における8×8 AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と8×8 AWGとのポート接続関係を示す図である。8×8 AWGの分波特性は従来例と同様であるが、実施例1と同様、各送受信装置と8×8 AWGの第2入出力ポート群との接続関係が従来例と異なり、また、光信号の双方向入出力を行う。

【0031】この実施例では、8×8 AWGにおいて、8波の同波長光信号のうち4波が第1入出力ポート群側から、他の4波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、A

WGのポートから出力される所定のWDM波長光は、1波の光信号と3波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図12に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長λ₁の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号λ₁（太実線）及び第1入出力ポート群のポート1、5、6から入力された光信号λ₁のクロストーク光（細実線）のみを含み、第2入出力ポート群のポート1、4、5、8から入力された光信号λ₁のクロストーク光は含まない。即ち、従来例に比較してコヒーレントクロストーク光の戻

10

*【0032】また、この実施例では、第1入出力ポート群側から入力される4波の同波長光信号はポート1、2、5、6又はポート3、4、7、8から、第2入出力ポート群側から入力される4波の同波長光信号はポート1、4、5、8又はポート2、3、6、7から、それぞれ入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる3波のコヒーレントクロストーク光は1波の隣接クロストーク光及び2波の非隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、受信されるWDM波長光のS/Nは、

$$S/N = P_{\text{signal}} / (P_{\text{signal}} + 2 P_{\text{noise}})$$

(3)

となる。P_{signal} / P_{noise} = -30dB、P_{signal} / P_{noise} = -40dBを仮定したときのS/Nは29dBであり、従来例の26dBに比較して3dB改善される。

【0033】図13はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、101~108は8台の送受信装置、109は8×8AWGである。8×8AWGの分波特性及び各送受信装置と8×8AWGのポートとの接続関係は図11で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)101から送信されたλ₁の光信号は、8×8AWG109の第2入出力ポート群のポート5に導かれ、8×8AWG109内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)102へ送られる。同様に、送受信装置(2)102から送信された返信用光λ₁は、8×8AWG109の第2入出力ポート群のポート4に導かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)101へ送られる。また、例えば、送受信装置(1)101から送信されたλ₁及びλ₂の光信号は、送受信装置(5)105及び送受信装置(3)103へ、それぞれ自動的に配信される。

【0034】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の戻帰数を7から3へ低減し、従来より高品質（受信光のS/Nが3dB改善される）の通信を実現することができる。

【0035】【実施例3】図14は本発明の第3実施例を説明する図であり、第1、2実施例をN=16に拡張したフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、111は送受信装置、112、113はWDM信号（波長λ₁、λ₂、λ₃~λ₁₆）を送信する送信回路、114、115はWDM信号（波長λ₁、λ₂、λ₃~λ₁₆）を受信する受信回路、116、117は異なる8波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を8波長に分波するための1×16波長合成分波回路、118はそれぞれ16ポートからなる第1入出力ポート群（左側のポート1~16）及び第2入出力ポート群（右側のポート1~16）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する16×16波長合成分波回路、119、

120は送受信装置111と16×16波長合成分波回路118の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。16×16波長合成分波回路118は16台の送受信装置と接続されるが、図では送受信装置(1)111以外の15台は図示を省略している。図には、光ファイバ119、120を伝送する波長多重されたWDM信号の波長（λ₁、λ₂~λ₁₆）及びそれらの伝送方向（矢印）が示されている。

【0036】この実施例においては、1×16波長合成分波回路116、117として1×16のAWG、16×16波長合成分波回路118として周期的な入出力関係の分波特性を有する16×16AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、1×16AWG、16×16AWG、光ファイバ）は従来例と全く同様である。但し、従来は1×16AWGを波長合成分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、実施例1、2と同様、合波及び分波を同時に行う波長合成分波回路として使用する。

【0037】図15は、この実施例における16×16AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と16×16AWGとのポート接続関係を示す図である。16×16AWGの分波特性は従来例と同様であるが、実施例1、2と同様、各送受信装置と16×16AWGの第2入出力ポート群との接続関係が従来例と異なっており、また、光信号の双方向入出力を行う。

【0038】この実施例では、16×16AWGにおいて、16波の同波長光信号のうち8波が第1入出力ポート群側から、他の8波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、AWGのポートから出力される所定のWDM波長光は、1波の光信号と7波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図15に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長λ₁の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号λ₁（太実線）及び第1入出力ポート群のポート1、5、6、9、10、13、14から入力された光信号λ₁のクロストーク光（細実線）のみを含み、第2入出力ポート群のポート1、4、5、8、9、12、13、15から入力された光信号

50

11

入、のクロストーク光は含まない。即ち、従来例に比較してコヒーレントクロストーク光の累積数が15から7に低減される。

【0039】また、この実施例では、同じ第1入出力ポート群側から入力される8波の同波長光信号はポート1、2、5、6、9、10、13、14又はポート3、4、7、8、11、12、15、16から、同じ第2入出力ポート群側から入力される8波の同波長光信号はポート1、4、*

$$S/N = P_{\text{signal}} / (P_{\text{signal}} + 6 P_{\text{crosstalk}}) \quad (4)$$

となる。 $P_{\text{signal}} / P_{\text{crosstalk}} = -30\text{dB}$ 、 $P_{\text{signal}} / P_{\text{crosstalk}} = -40\text{dB}$ を仮定したときの S/N は28dBであり、従来例の25dBに比較して3dB改善される。

【0040】図17はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、121~136は16台の送受信装置、137は16×16AWGである。16×16AWGの分波特性及び各送受信装置と16×16AWGのポートとの接続関係は図15で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)121から送信された λ_1 の光信号は、16×16AWG137の第2入出力ポート群のポート9に導かれ、16×16AWG137内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)122へ送られる。同様に、送受信装置(2)122から送信された返信信号 λ_2 は、16×16AWG137の第2入出力ポート群のポート8に導かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)121へ送られる。また、例えば、送受信装置(1)121から送信された λ_1 及び λ_2 の光信号は、送受信装置(6)126及び送受信装置(9)129へ、それぞれ自動的に配信される。

【0041】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の累積数を15から7へ低減し、従来より高品質（受信光の S/N が3dB改善される）の通信を実現することができる。

【0042】（実施例4）図18は本発明の第4実施例を説明する図であり、第1実施例とは異なる接続構成での $N=4$ のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、141~144は送受信装置、145~152はWDM信号（波長 λ_k 、 $k=1\sim4$ ）を送信する送信回路、153~160はWDM信号（波長 λ_k 、 $k=1\sim4$ ）を受信する受信回路、161~168は異なる2波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を2波長に分波するための1×4波長合成分波回路、169はそれぞれ4ポートからなる第1入出力ポート群（左側のポート1~4）及び第2入出力ポート群（右側のポート1~4）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する4×4波長合成分波回路、170~177は送受信装置141~144と4×4波長合成分波回路169の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。図には、光ファイバ170~177を伝送

12

* 5、8、9、12、13、16又はポート2、3、6、7、10、11、14、15から、それぞれ入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる7波のコヒーレントクロストーク光は1波の隣接クロストーク光及び6波の非隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、受信されるWDM波長光の S/N は、

10 する波長多重されたWDM信号の波長（ λ_k 、 $k=1\sim4$ ）及びそれらの伝送方向（矢印）が示されている。

【0043】この実施例においては、1×4波長合成分波回路161~168として1×4のAWG、4×4波長合成分波回路169として周期的な入出力関係の分波特性を有する4×4AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、1×4AWG、4×4AWG、光ファイバ）は従来例と全く同様である。但し、従来は1×4AWGを波長合成分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、実施例1、2、3と同様、合波及び分波を同時に行う波長合成分波回路として使用する。

【0044】図19は、この実施例における4×4AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と4×4AWGとのポート接続関係を示す図である。4×4AWGの分波特性は従来例と同様の周期性を持っているが、実施例1、2、3と同様、各送受信装置と4×4AWGの第2入出力ポート群との接続関係が従来例と異なっており、また、光信号の双方向入出力を行う。

【0045】この実施例では、4×4AWGにおいて、4波の同波長光信号のうち2波が第1入出力ポート群側から、他の2波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、4×4AWGのポートから出力される所定のWDM波長光は、1波の光信号と1波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図20に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長 λ_1 の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号 λ_1 （太実線）及び第1入出力ポート群のポート4から入力された光信号 λ_2 のクロストーク光（細実線）のみを含み、第2入出力ポート群のポート1、3から入力された光信号 λ_1 のクロストーク光は含まない。即ち、従来例に比較してコヒーレントクロストーク光の累積数が3から1に低減される。

【0046】また、この実施例では、同じポート群側から入力される2波の同波長光信号は、隣接しないポート（ポート1と3又はポート2と4）から入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる1波のコヒーレントクロストーク光は非隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワー

ク装置において、受信されるWDM波長光のS/Nは、

$$S/N = P_{11}, \dots, P_{1N} / P_{\text{noise}}$$

となる。P_{noise} / P_{11}, \dots, P_{1N} = -40dBを仮定したときのS/Nは40dBであり、従来例の27dBと比較して13dB改善される。}

【0047】図21はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、181~184は4台の送受信装置、185は4×4AWGである。4×4AWGの分波特性及び各送受信装置と4×4AWGのポートとの接続関係は図19で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)181から送信された一つのλ、の光信号は、4×4AWG185の第2入出力ポート群のポート4に導かれ、4×4AWG185内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)182へ送られる。同様に、送受信装置(2)182から送信された送信信号λ₂は、4×4AWG185の第2入出力ポート群のポート3に導かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)181へ送られる。また、送受信装置(1)181から送信されたもう一つのλ₁及びλ₂の光信号は、送受信装置(4)184及び送受信装置(3)183へ、それぞれ自動的に配信される。

【0048】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の累積数を3から1へ低減し、特に、隣接クロストーク光の累積を防ぐことにより、従来より高品質（受信光のS/Nが13dB改善される）の通信を実現することができる。

【0049】（実施例5）図22は本発明の第5実施例を説明する図であり、第4実施例をN=8に拡張したフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、191は送受信装置、192、193はWDM信号（波長λ_k、k=1~8）を送信する送信回路、194、195はWDM信号（波長λ_k、k=1~8）を受信する受信回路、196、197は異なる4波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を4波長に分波するための1×8波長合成分波回路、198はそれぞれ8ポートからなる第1入出力ポート群（左側のポート1~8）及び第2入出力ポート群（右側のポート1~8）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する8×8波長合成分波回路、199、200は送受信装置191と8×8波長合成分波回路198の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。8×8波長合成分波回路198は8台の送受信装置と接続されるが、図では送受信装置(1)191以外の7台は図示を省略して、

$$S/N = P_{11}, \dots, P_{1N} / 3 P_{\text{noise}}$$

となる。P_{noise} / P_{11}, \dots, P_{1N} = -40dBを仮定したときのS/Nは35dBであり、従来例の25dBと比較して9dB改善される。}

* 図には、光ファイバ199、200を伝送する波長多重されたWDM信号の波長（λ_k、k=1~8）及びそれらの伝送方向（矢印）が示されている。

【0050】この実施例においては、1×8波長合成分波回路196、197として1×8のAWG、8×8波長合成分波回路198として周期的な入出力関係の分波特性を有する8×8AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、1×8AWG、8×8AWG、光ファイバ）は従来例と全く同様である。但し、従来は1×8AWGを波長合成分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、実施例1~4と同様、合波及び分波を同時に行う波長合成分波回路として使用する。

【0051】図23は、この実施例における8×8AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と8×8AWGとのポート接続関係を示す図である。8×8AWGの分波特性は従来例と同様の周期性を持っているが、実施例1~4と同様、各送受信装置と8×8AWGの第2入出力ポート群との接続関係が従来例と異なっており、また、光信号の双方向入出力を行う。

【0052】この実施例では、8×8AWGにおいて、8波の同波長光信号のうち4波が第1入出力ポート群側から、他の4波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、8×8AWGのポートから出力される所定のWDM波長光は、1波の光信号と3波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図24に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長λ₂の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号λ₂（太実線）及び第1入出力ポート群のポート4、6、8から入力された光信号λ₄、λ₆、λ₈のクロストーク光（細実線）のみを含み、第2入出力ポート群のポート1、3、5、7から入力された光信号λ₁、λ₃、λ₅、λ₇のクロストーク光は含まない。即ち、従来例と比較してコヒーレントクロストーク光の累積数が7から3に低減される。

【0053】また、この実施例では、同じポート群側から入力される4波の同波長光信号は、隣接しないポート（ポート1、3、5、7又はポート2、4、6、8）から入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる3波のコヒーレントクロストーク光は全て非隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、受信されるWDM波長光のS/Nは、

【0054】図25はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、201~208は8台の送受信装置、209は8×8AWGである。8×8AWGの分

波特性及び各送受信装置と8×8AWGのポートとの接続関係は図23で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)201から送信された一つの入、の光信号は、8×8AWG209の第2入出力ポート群のポート8に導かれ、8×8AWG209内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)202へ送られる。同様に、送受信装置(2)202から送信された返信信号λ₁は、8×8AWG209の第2入出力ポート群のポート7に導かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)201へ送られる。また、例えば、送受信装置(1)201から送信されたλ₂及びλ₃の光信号は、送受信装置(5)205及び送受信装置(3)203へ、それぞれ自動的に配信される。

【0055】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の振幅数を7から3へ低減し、特に、隣接クロストーク光の振幅を防ぐことにより、従来より高品質（受信光のS/Nが9dB改善される）の通信を実現することができ。

【0056】〔実施例6〕図26は本発明の第6実施例を説明する図であり、第4、5実施例をN=16に拡張したフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置の概略構成を示す図である。図中、211は送受信装置、212、213はWDM信号（波長λ_k、k=1~16）を送信する送信回路、214、215はWDM信号（波長λ_k、k=1~16）を受信する受信回路、216、217は異なる8波長の光信号を1本の光ファイバに合波し、同時に1本の光ファイバに波長多重されたWDM信号を8波長に分波するための1×16波長合成分波回路、218はそれぞれ16ポートからなる第1入出力ポート群（左側のポート1~16）及び第2入出力ポート群（右側のポート1~16）を持ち周期的な入出力関係の分波特性を有する16×16波長合成分波回路、219、220は送受信装置211と16×16波長合成分波回路218の入出力ポートとを光学的に接続する光ファイバである。16×16波長合成分波回路218は16台の送受信装置と接続されるが、図では送受信装置(1)211以外の15台は図示を省略している。図には、光ファイバ219、220を伝送する波長多重されたWDM信号の波長（λ_k、k=1~16）及びそれらの伝送方向（矢印）が示されている。

【0057】この実施例においては、1×16波長合成分波*

$$S/N = P_{1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1} / 7 P_{1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1}$$

となる。P_{1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1} / P_{1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1} = -40dBを仮定したときのS/Nは32dBであり、従来例の25dBと比較して7dB改善される。

【0061】図29はこの実施例における波長アドレッシングを説明する図であり、図中、221~236は16台の送受信装置、237は16×16AWGである。16×16AWGの分波特性及び各送受信装置と16×16AWGのポートとの接

* 回路216、217として1×16のAWG、16×16波長合成分波回路218として周期的な入出力関係の分波特性を有する16×16AWGを用いた。この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、1×16AWG、16×16AWG、光ファイバ）は従来例と全く同様である。但し、従来は1×16AWGを波長合成分波回路専用又は波長分波回路専用として使用したが、本発明のこの実施例では、実施例1~5と同様、合波及び分波を同時に行う波長合成分波回路として使用する。

【0058】図27は、この実施例における16×16AWGの周期的な入出力関係の分波特性及び各送受信装置と16×16AWGとのポート接続関係を示す図である。16×16AWGの分波特性は従来例と同様の周期性を保持しているが、実施例1~5と同様、各送受信装置と16×16AWGの第2入出力ポート群との接続関係が従来例と異なっており、また、光信号の双方向入出力を行う。

【0059】この実施例では、16×16AWGにおいて、16波の同波長光信号のうち8波が第1入出力ポート群側から、他の8波が第2入出力ポート群側から入力される。逆方向に進行する光波は互いに独立であるから、16×16AWGのポートから出力される所定のWDM波長光は、1波の光信号と7波のコヒーレントクロストーク光のみを含む。例えば、図28に示すように、第2入出力ポート群のポート2から出力される波長λ₁の光は、第1入出力ポート群のポート2から入力された光信号λ₁（本実施例）及び第1入出力ポート群のポート4、6、8、10、12、14、16から入力された光信号λ₁のクロストーク光（細実線）のみを含み、第2入出力ポート群のポート1、3、5、7、9、11、13、15から入力された光信号λ₁のクロストーク光は含まない。即ち、従来例に比較してコヒーレントクロストーク光の振幅数が15から7に低減される。

【0060】また、この実施例では、同じポート群側から入力される8波の同波長光信号は、隣接しないポート（ポート1、3、5、7、9、11、13、15又はポート2、4、6、8、10、12、14、16）から入力されるため、出力されるWDM波長光に含まれる7波のコヒーレントクロストーク光は全て非隣接クロストーク光である。従って、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置において、受信されるWDM波長光のS/Nは、

(7)

接続関係は図27で説明した通りである。例えば、送受信装置(1)221から送信された一つの入、の光信号は、16×16AWG237の第2入出力ポート群のポート16に導かれ、16×16AWG237内部でスイッチされ、第1入出力ポート群のポート2から送受信装置(2)222へ送られる。同様に、送受信装置(2)222から送信された返信信号λ₁は、16×16AWG237の第2入出力ポート群のポート15に導

かれ、第1入出力ポート群のポート1から送受信装置(1)221へ送られる。また、例えば、送受信装置(1)221から送信された入、及び入₁の光信号は、送受信装置(9)229及び送受信装置(6)226へ、それぞれ自動的に配信される。

【0062】このように、この実施例のフルメッシュWDM伝送ネットワーク装置は、従来例と同様の装置構成要素を使用して、同様の波長アドレッシング機能を有しながら、各WDM波長光におけるコヒーレントクロストーク光の振幅数を1から7へ低減し、特に、隣接クロストーク光の振幅を防ぐことにより、従来より高品質（受信光のS/Nが7db改善される）の通信を実現することができる。

【0063】以上、六つの実施例によってN=4、8及び16の場合の本発明のフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を説明したが、任意のNの規模においても本発明のフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を構築することができることは自明である。更に、各送信機装置とN×NAWGのポートとの接続関係及びN×NAWGにおける光信号の双方向入出力の組合せは、図7、11、15、19、23及び27に示された関係のみに限定されるものではなく、実施例と同様の動作が実現される他の接続関係及び入出力の組合せも、本発明に含まれることも自明である。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明により、従来のフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を構成する各構成要素（送信回路、受信回路、1×NAWG、N×NAWG、光ファイバ）を変更せずに、ノイズとなるコヒーレントクロストーク光の振幅数を低減し、従来より通信品質に優れ、従来より大規模のフルメッシュ光波長分割多重伝送ネットワーク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の装置の概略構成を説明する図である。

【図2】 従来の8×8AWGの分波特性及びポート接続関係の例を示す図である。

【図3】 従来の装置の波長アドレッシングを説明する図である。

【図4】 石英系プレーナ型AWGの入出力ポート間の透過スペクトル特性の例を示す図である。

【図5】 従来の装置のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図6】 本発明の第1実施例の概略構成を説明する図である。

【図7】 本発明の第1実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図8】 本発明の第1実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図9】 本発明の第1実施例の波長アドレッシングを説

明する図である。

【図10】 本発明の第2実施例の概略構成を説明する図である。

【図11】 本発明の第2実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図12】 本発明の第2実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図13】 本発明の第2実施例の波長アドレッシングを説明する図である。

【図14】 本発明の第3実施例の概略構成を説明する図である。

【図15】 本発明の第3実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図16】 本発明の第3実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図17】 本発明の第3実施例の波長アドレッシングを説明する図である。

【図18】 本発明の第4実施例の概略構成を説明する図である。

【図19】 本発明の第4実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図20】 本発明の第4実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図21】 本発明の第4実施例の波長アドレッシングを説明する図である。

【図22】 本発明の第5実施例の概略構成を説明する図である。

【図23】 本発明の第5実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図24】 本発明の第5実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図25】 本発明の第5実施例の波長アドレッシングを説明する図である。

【図26】 本発明の第6実施例の概略構成を説明する図である。

【図27】 本発明の第6実施例のAWGの分波特性及びポート接続関係を示す図である。

【図28】 本発明の第6実施例のコヒーレントクロストーク光を説明する図である。

【図29】 本発明の第6実施例の波長アドレッシングを説明する図である。

【符号の説明】

1～4、31～38 送受信装置

5～8 送信回路

9～12 受信回路

13～16 1×N波長合波回路

17～20 1×N波長分波回路

21 N×N波長合波回路

22～29 光ファイバ

30 41～44、81～84、91、101～108、111、121～136

送受信装置

45~52、92、93、112、113 送信回路

53~60、94、95、114、115 受信回路

61~68、96、97、116、117 $1 \times N$ 波長合分波回路69、85、98、109、118、137 $N \times N$ 波長合分波回路

70~77、99、100、119、120 光ファイバ

141~144、181~184、191、201~208、211、22

1~236 送受信装置 *

* 145~152、192、193、212、213 送信回路

153~160、194、195、214、215 受信回路

161~168、196、197、216、217 $1 \times N$ 波長合分波回路

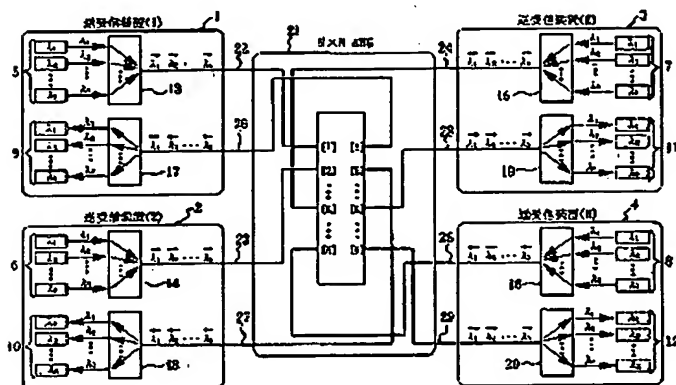
波回路

169、185、198、209、218、237 $N \times N$ 波長合分波回路

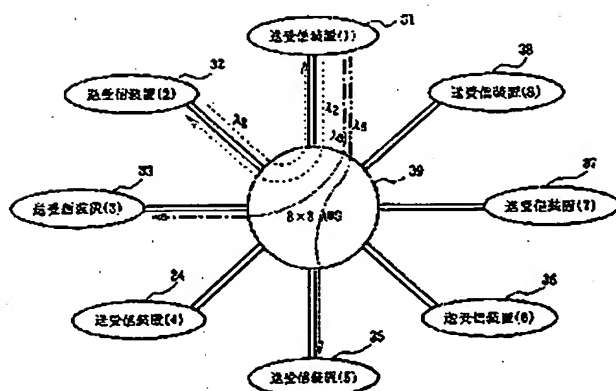
波回路

170~177、199、200、219、220 光ファイバ

【図1】



【図3】



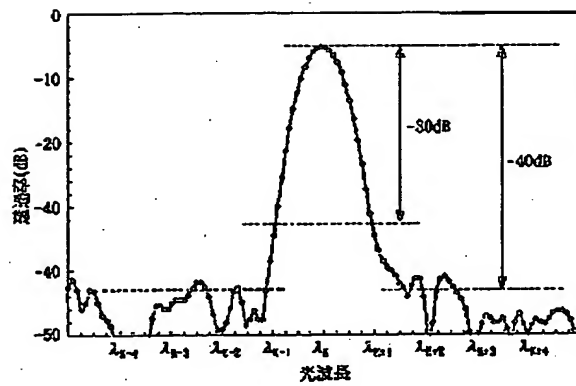
【図7】

送受信装置	AWG 入出力ポート	波長ポート群	(1) (2) (3) (4)			
			1	2	3	4
(1)	1		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
(2)	2		λ_2	λ_3	λ_4	λ_1
(3)	3		λ_3	λ_4	λ_1	λ_2
(4)	4		λ_4	λ_1	λ_2	λ_3

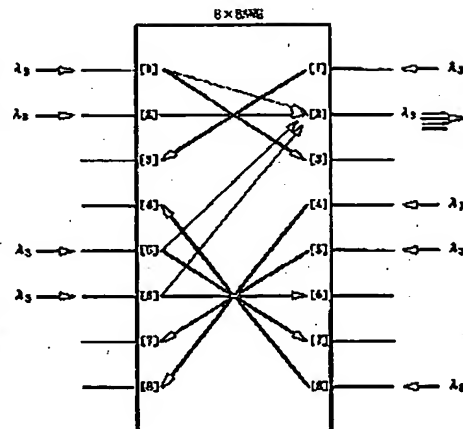
【図2】

送受信装置			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
送受信装置	AWG 入出力ポート									
	第1ポート群	第2ポート群	1	2	3	4	5	6	7	8
(1)	1		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8
(2)	2		λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1
(3)	3		λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2
(4)	4		λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3
(5)	5		λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
(6)	6		λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
(7)	7		λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
(8)	8		λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7

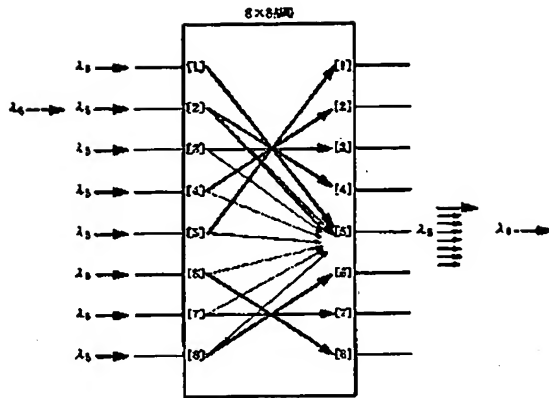
【図4】



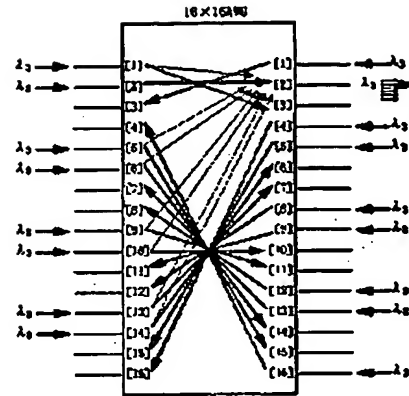
【図12】



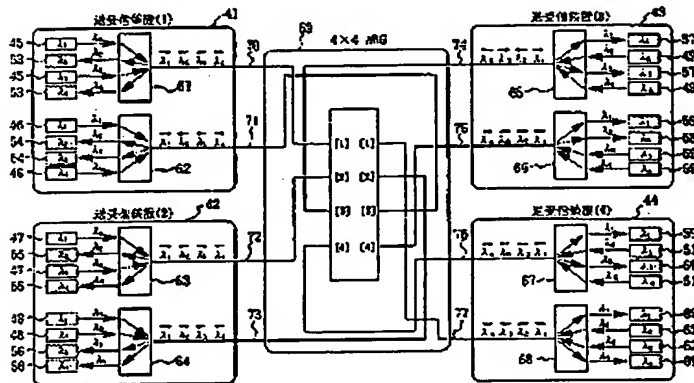
【図5】



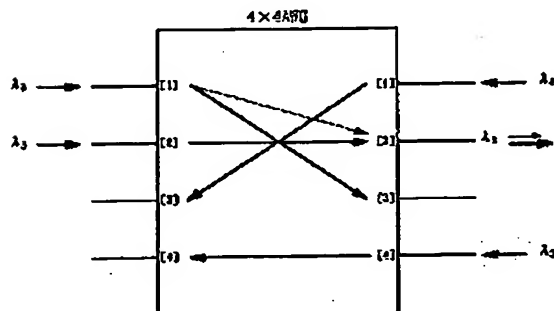
【図16】



【図6】



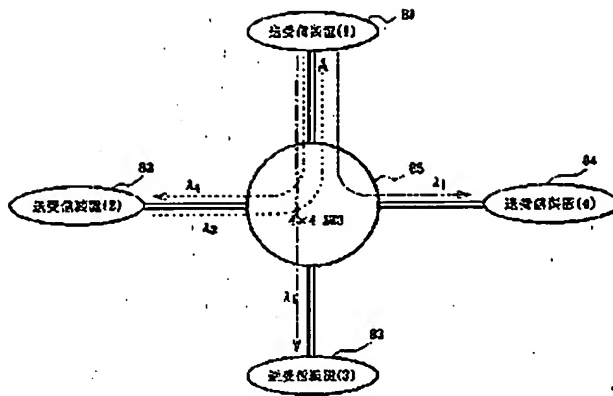
【図8】



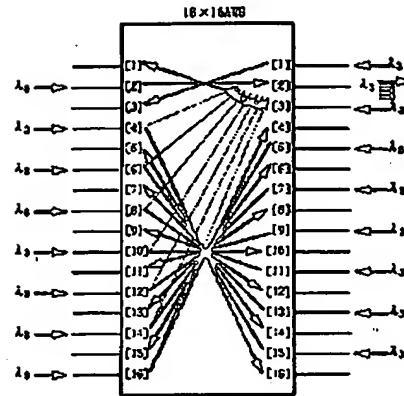
【図19】

送受信装置 の機能	送受信装置	(1)	(2)	(3)	(4)
	AVG 入出力ポート	第1ポート	第2ポート	第3ポート	第4ポート
	第1ポート	第2ポート	第3ポート	第4ポート	第5ポート
(1)	1	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
(2)	2	λ_2	λ_3	λ_4	λ_1
(3)	3	λ_3	λ_4	λ_1	λ_2
(4)	4	λ_4	λ_1	λ_2	λ_3

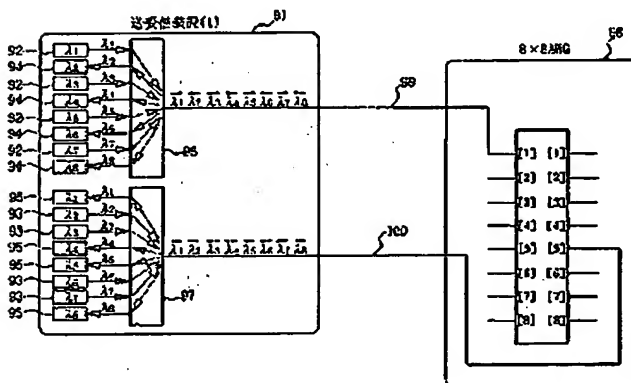
【図9】



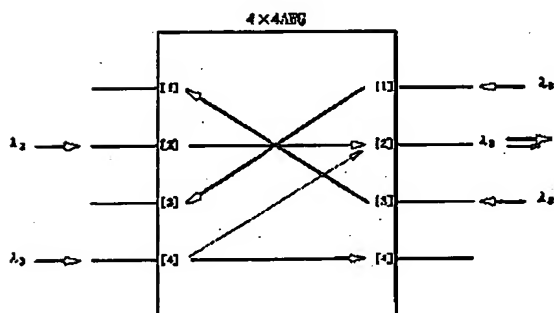
【図28】



【図10】



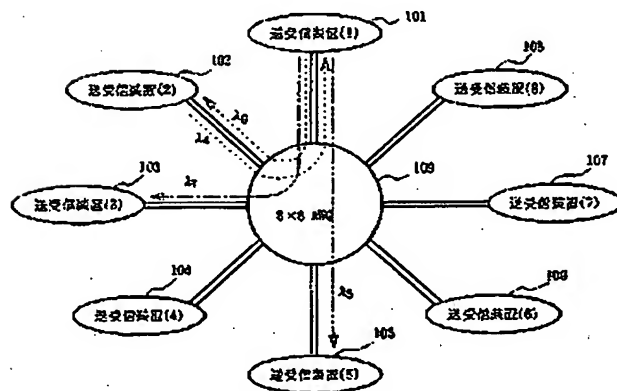
【図20】



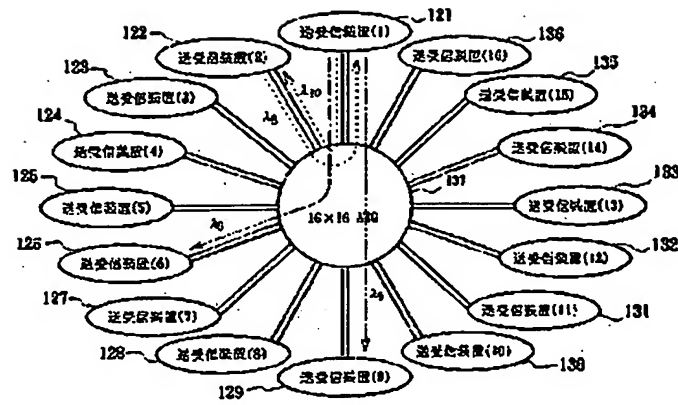
【図11】

	送受信装置		(8)	(6)	(4)	(2)	(1)	(3)	(5)	(7)
送受信装置	AWG 入出力ポート	第2 ポート群	1	2	3	4	5	6	7	8
	第1ポート群									
(1)	1		$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$
(2)	2		$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$
(3)	3		$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$
(4)	4		$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$
(5)	5		$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$
(6)	6		$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$
(7)	7		$\bar{\lambda}_7$	$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$
(8)	8		$\bar{\lambda}_8$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3$	$\bar{\lambda}_4$	$\bar{\lambda}_5$	$\bar{\lambda}_6$	$\bar{\lambda}_7$

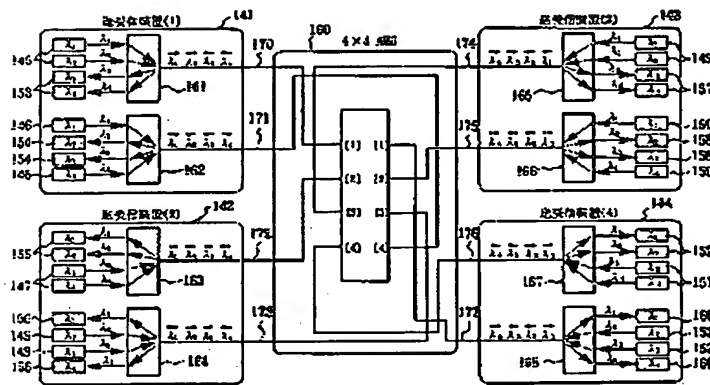
【図13】



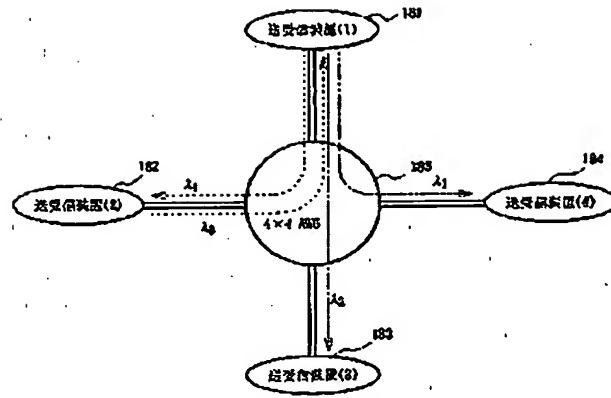
【図17】



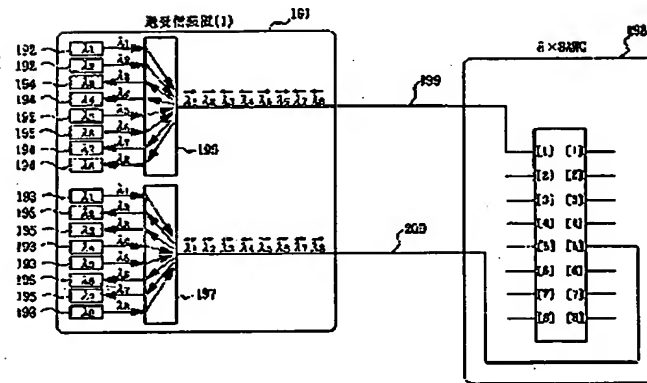
【図18】



【図21】



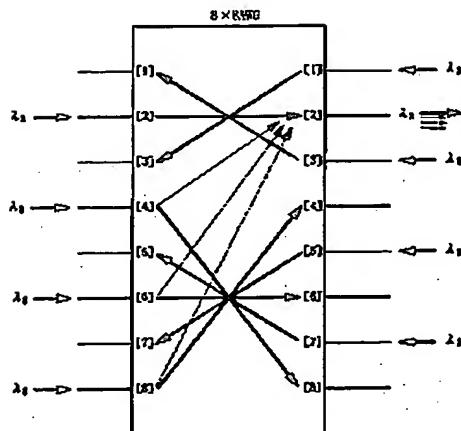
【図22】



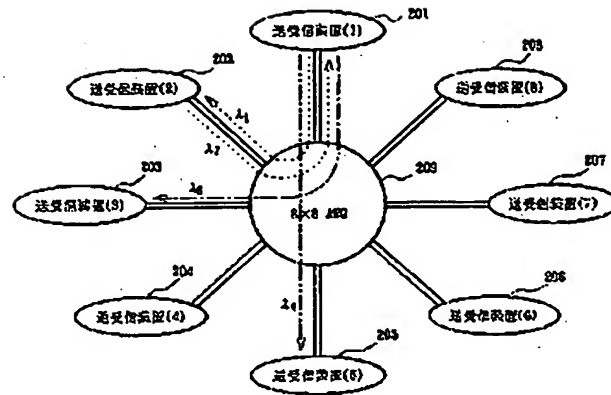
【図23】

送受信装置			(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
送受信装置	AWG 入出力ポート	第2ポート	1	2	3	4	5	6	7	8
	第1ポート									
(1)	1		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8
(2)	2		λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1
(3)	3		λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2
(4)	4		λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3
(5)	5		λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
(6)	6		λ_6	λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
(7)	7		λ_7	λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
(8)	8		λ_8	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7

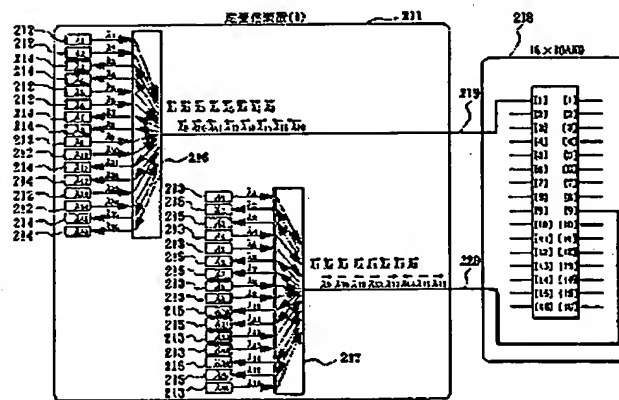
【図24】



【圖25】



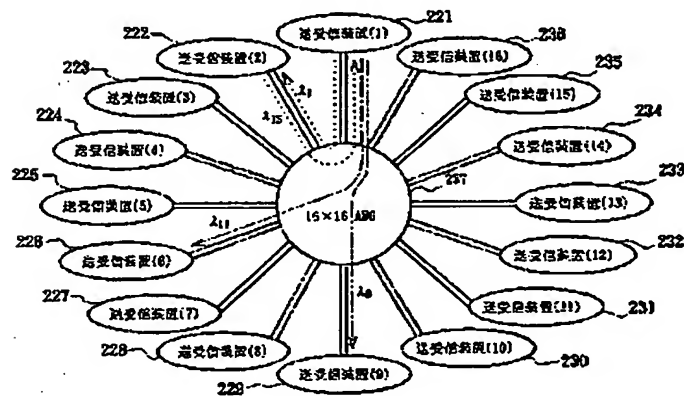
【图26】



【圖27】

[illegible]

【图29】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.:

H 0 4 B	10/18
H 0 4 L	12/44

識別記号

Fi

「ワード」(参考)

(22)

特開2001-53760

(72)発明者 金子 明正

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 加藤 邦治

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) SK002 BA05 CA21 DA02 DA09
SK033 AA01 AA07 DB17